

【 248 】

氏名	BOUZIDI Moncef
学位(専攻分野)	博 士(工 学)
学位授与番号	博 甲 第 1043 号
学位授与の日付	平成 4 年 3 月 28 日
学位授与の要件	自然科学研究科システム科学専攻 (学位規則第 4 条第 1 項該当)
学位論文題目	Adjoint Spectrum And Temporal Gating As Applied To The Diode Laser Spectrometry Of Atmospheric Methane 随伴スペクトルと時間ゲーティングの大気メタン 半導体レーザ分光分析への応用
論文審査委員	教授 古賀 隆治 教授 福井 廉 教授 浜田 博 教授 飛田 守隆 教授 三宅 靖人

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、鉛塩化合物半導体レーザを用いて、大気中のメタンガス濃度を測定するためのマイクロプロセッサによるスペクトルデータ処理、及びアナログ電子回路による実時間信号処理に関する研究結果をまとめたものである。

第 1 章は、序章である。

第 2 章は、随伴スペクトルの概念についての数学的な検討と、実際の設計指針を述べている。概念を幾何学的に説明し、直感的な理解を容易にした。この概念に基づく数値フィルタは、干渉スペクトルの混じった測定スペクトルから標的スペクトルの振幅のみを取り出す能力を有する。

第 3 章は、鉛塩ダイオードレーザをパルス動作させるときに起こる、信号対雑音比の低下を防ぐ方策について述べている。信号処理を行なうとき、時間ゲートを設け、信号の存在する期間のみ積分を行なう。最適パラメータは、PC型MCT赤外線検出器の動特性によって支配されること、約10ppb・mの感度を得られること、が判明した。

第 4 章は、まとめである。

論文審査の結果の要旨

大気中に2 ppm程度存在するメタンは、顕著な温室効果を有し、その濃度の増減の長期的予測を行なうことは、人類の生存の方策を立てるうえで重要である。さらに水田で食糧の供給を維持しながら、メタンの発生量を制御する技術の開発が必要となる。そのためのセンシングデバイスとして、申請者は、鉛塩半導体レーザを光源とする長光路赤外分光分析法の開発を行なった。この方法は、波長 $7.6\mu\text{m}$ 帯に存在するメタンの ν_4 バンドの共鳴吸収スペクトルを測定することにより、大気メタンのカラム濃度を知るものである。

スペクトルを測定することにより各種の干渉を排除して、メタンガス濃度のみを取り出すような計算処理を行なうことが可能となる。このために“随伴スペクトル”なる概念に基づいたアルゴリズムを開発した。干渉スペクトルの空間と標的ガスの空間を幾何学的に直交分解した上でこの操作を行なうと、結果はきわめて単純なシングルパスの積和演算で与えられることを明らかにした。この方法は、Digital Signal Processor(DSP)を用いた計算機アーキテクチャになじみが良く、通常のCPUのみを用いる場合に比べ100倍以上早く計算できる。従って実時間性が要求されるシステムに用いて効果が上がる。さらに、最初に想定する干渉スペクトルの数と、不規則雑音に対する感受性との妥協を図る条件を、シミュレーションで発見した。

鉛塩半導体レーザは深冷却しなければ発振しないが、これを液体窒素ではなく、ペルチェ素子によって行なうことにより、応用範囲が大きく広がる。そのときCW動作は不可能となり、幅10マイクロ秒以下のパルス動作のみ可能となる。一般にガス分析に用いられる高調波分光分析法はCW動作の波長可変光源を用いて遂行されるが、これをパルス動作光源に置き換えるためには、時間ゲートを用いて、不規則雑音が累積することを防ぐ必要がある。詳細な解析と数値シミュレーションを行なった結果、最適なパラメータは赤外線検出器の動特性によって決まることが判明した。さらに、現実に入手できる多くの赤外線検出器の特性を用いて検討した結果、約10ppb $\cdot\text{m}$ の検出感度が得られることが判った。これは実際の測定装置として、十分な精度である。

以上の結果は、鉛塩半導体レーザを光源とする分光分析において測定精度を向上させるための信号及びデータに対する処理について、数学的、実験的、さらに実用的見地からの調査に基づいた研究を行ない、実際の測定装置を設計する上での基礎的知識を整理したものである。大気ガスばかりでなく、プラント計装を含めた一般のガス分析装置の開発に対して、本論文の内容の寄与するところは大きい。従って本論文を博士の学位論文に値するものと認める。